

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-161027

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 15/167
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/167
13/18

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平8-316013

(22) 出願日 平成8年(1996)11月27日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル

(72) 発明者 高本 勝裕

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 田井 正邦

東京都町田市野津田町1187-6 田井光学
有限会社内

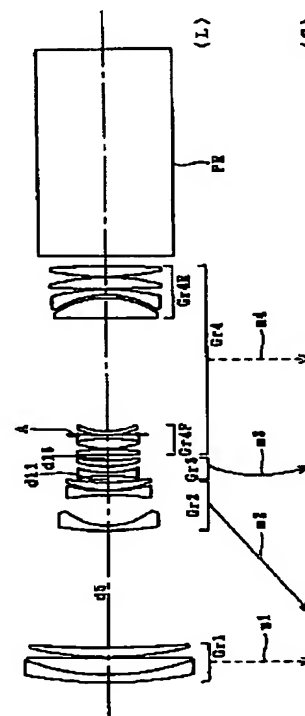
(74) 代理人 弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 変倍光学系

(57) 【要約】

【課題】 小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するための、倍率色収差の小さな変倍光学系を提供する。

【解決手段】 投影側より順に、正の屈折力を持つ第1群G r 1と、負の屈折力を持つ第2群G r 2と、負の屈折力を持つ第3群G r 3と、正の屈折力を持ち変倍時固定の第4群G r 4と、から成り、変倍時に少なくとも第2群G r 2と第3群G r 3が光軸方向に移動する。第2群G r 2中の少なくとも1枚の負レンズと、第3群G r 3中の少なくとも1枚の負レンズと、第4群G r 4中の少なくとも1枚の正レンズとが、異常部分分散性、アッベ数が規定されたレンズ材料で構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 投影側より順に、正の屈折力を持つ第1群と、負の屈折力を持つ第2群と、負の屈折力を持つ第3群と、正の屈折力を持ち変倍時固定の第4群と、から成り、変倍時に少なくとも前記第2群と前記第3群が光軸方向に移動し、前記第2群中の少なくとも1枚の負レンズと、前記第3群中の少なくとも1枚の負レンズと、前記第4群中の少なくとも1枚の正レンズとが、以下の条件を満足するレンズ材料で構成されていることを特徴とする変倍光学系；

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot \nu d) < 0.06$$

$$65 < \nu d < 100$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C),$$

$$\nu d = (n_d - 1) / (n_F - n_C),$$

n_g : g線(波長:435.84nm)に対する屈折率、

n_F : F線(波長:486.13nm)に対する屈折率、

n_C : C線(波長:656.28nm)に対する屈折率、

n_d : d線(波長:587.56nm)に対する屈折率

である。

【請求項2】 前記第4群が、投影側より順に、正の屈折力を持つ前群と、この前群からある程度の空間において配置された正の屈折力を持つ後群と、から成り、前記第1群から前記第4群の前群まででほぼアフォーカル系を構成し、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系；

$$-0.2 < f_W \cdot \phi_{FW} < 0.15$$

$$0.5 < |\phi_2| \cdot f_W < 0.8$$

$$0.25 < \phi_1 / |\phi_2| < 0.5$$

ただし、

f_W : 広角端での全系の焦点距離、

ϕ_{FW} : 広角端での第1群から第4群の前群までの屈折力、

ϕ_1 : 第1群の屈折力、

ϕ_2 : 第2群の屈折力

である。

【請求項3】 前記第4群の前群中であって前記第4群の後群のほぼ前側焦点位置に、絞りが配置されていることを特徴とする請求項2に記載の変倍光学系。

【請求項4】 前記第3群中であって前記第4群のほぼ前側焦点位置に、絞りが配置されていることを特徴とする請求項2に記載の変倍光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、変倍光学系に関するものであり、例えば、投影装置(液晶パネル等の表示素子の画像をスクリーン上に投影する液晶プロジェクター等)用の投影光学系として好適な変倍光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータの普及に伴い、ビジネス分野等でのプレゼンテーション機器として、液晶プロジェクターが広く利用されるようになってきている。また、ホームシアター等に用いられる家庭用投影機器としても、液晶プロジェクターの需要が見込まれている。それらの要求に対して、10万～30万画素程度の単板式や3板式の液晶フロントプロジェクターが提供されてきた。

【0003】このような液晶プロジェクターに用いられる投影用変倍光学系が、特開平7-218837号公報や特開平8-201690号公報で提案されている。これらは、正・負・正の3群から成る変倍光学系であり、従来の表示素子の画像を投影するには適当な性能を有している。しかし、倍率色収差が十分に抑えられていないため、より高画素な表示素子を投影することは困難である。

【0004】倍率色収差を抑えた変倍光学系としては、正・負・正の3群から成るフィルム引伸し用の変倍光学系が、特公平3-58490号公報で提案されている。この変倍光学系は、第2群の負レンズに異常分散ガラスを使用することで、変倍に際しての倍率色収差の変動を抑える構成となっている。しかし、この構成でも、高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するには、倍率色収差の補正が不十分である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】現在では、従来より高画質なプロジェクターが要求されるようになってきている。例えば、プレゼンテーション用としては、640×480ドット(VGA)の解像力から800×600ドット(SVGA)以上の解像力が必要とされるようになってきている。また、家庭用においても、ハイビジョン等の高品位テレビ放送の普及に伴い、水平解像度400TV本以上の解像力が必要になってきている。このような高画質化の要求を満たすために、液晶等の表示素子の高画素化が進むとともに、ダイクロイックプリズムを用いた3板投影方式等が採用されつつある。それに加えて、プロジェクター自体を小型化するために、液晶等の表示素子の小型化も進んでいる。小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するためには、従来よりも高性能な投影用変倍光学系が必要となる。ところが、先に述べたように、従来の投影用変倍光学系の構成では、必要とされる光学性能(特に、倍率色収差)を十分に満足することが不可能であった。

【0006】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するための、倍率色収差の小さな変倍光学系を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の変倍光学系は、投影側より順に、正の

屈折力を持つ第1群と、負の屈折力を持つ第2群と、負の屈折力を持つ第3群と、正の屈折力を持ち変倍時固定の第4群と、から成り、変倍時に少なくとも前記第2群と前記第3群が光軸方向に移動し、前記第2群中の少なくとも1枚の負レンズと、前記第3群中の少なくとも1枚の負レンズと、前記第4群中の少なくとも1枚の正レンズとが、以下の条件を満足するレンズ材料で構成されていることを特徴とする。

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot \nu d) < 0.06$$

$$65 < \nu d < 100$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C),$$

$$\nu d = (n_d - 1) / (n_F - n_C),$$

n_g : g線(波長:435.84nm)に対する屈折率、

n_F : F線(波長:486.13nm)に対する屈折率、

n_C : C線(波長:656.28nm)に対する屈折率、

n_d : d線(波長:587.56nm)に対する屈折率

である。

【0008】第2の発明の変倍光学系は、上記第1の発明の構成において、前記第4群が、投影側より順に、正の屈折力を持つ前群と、この前群からある程度の空間において配置された正の屈折力を持つ後群と、から成り、前記第1群から前記第4群の前群まででほぼアフォーカル系を構成し、以下の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.2 < fW \cdot \phi FW < 0.15$$

$$0.5 < |\phi 2| \cdot fW < 0.8$$

$$0.25 < \phi 1 / |\phi 2| < 0.5$$

ただし、

fW : 広角端での全系の焦点距離、

ϕFW : 広角端での第1群から第4群の前群までの屈折力、

$\phi 1$: 第1群の屈折力、

$\phi 2$: 第2群の屈折力

である。

【0009】第3の発明の変倍光学系は、上記第2の発明の構成において、前記第4群の前群中であって前記第4群の後群のほぼ前側焦点位置に、絞りが配置されていることを特徴とする。

【0010】第4の発明の変倍光学系は、上記第2の発明の構成において、前記第3群中であって前記第4群のほぼ前側焦点位置に、絞りが配置されていることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した変倍光学系を、図面を参照しつつ説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、投影装置(例えば、液晶プロジェクター)用の投影光学系として好適な変倍光学系であるが、撮像装置(例えば、ビデオカメラ)用の撮像光学系としても好適に使用可能であることは言うまでもない。

【0012】図2、図6、図10、図14、図18は、第1～第5の実施の形態にそれぞれ対応するレンズ構成図であり、望遠端(L)でのレンズ配置を示している。各レンズ構成図中、矢印 $m1 \sim m4$ は、望遠端(長焦点距離端)(L)から広角端(短焦点距離端)(S)へのズーミングにおける第1群 $G r 1$ ～第4群 $G r 4$ の移動をそれぞれ模式的に示している。また、各レンズ構成図中、拡大側(すなわち、投影側)から数えて i 番目の軸上面間隔 d_i は、ズーミングにおいて変化する可変間隔である。

10

【0013】第1～第5の実施の形態は、拡大側(投影側)から順に、正の屈折力を持つ第1群 $G r 1$ と、負の屈折力を持つ第2群 $G r 2$ と、負の屈折力を持つ第3群 $G r 3$ と、正の屈折力を持ちズーミングにおいて固定の第4群 $G r 4$ と、から成る4群構成のズームレンズである。第1～第5の実施の形態は、ズーミングにおいて、少なくとも第2群 $G r 2$ と第3群 $G r 3$ が光軸方向に移動する。更に第4の実施の形態においては、望遠端(L)から広角端(S)へのズーミングにおいて、第1群 $G r 1$ が光軸に沿って拡大側に移動する。

20

【0014】第4群 $G r 4$ は、拡大側より順に、正の屈折力を持つ前群 $G r 4 F$ と、前群 $G r 4 F$ からある程度の空間において配置された正の屈折力を持つ後群 $G r 4 R$ と、から成り、第1群 $G r 1$ から第4群 $G r 4$ の前群 $G r 4 F$ まででほぼアフォーカル系を構成している。また、第4群 $G r 4$ の縮小側にはダイクロイックプリズムPRが配置されている。

30

【0015】第1の実施の形態において、第1群 $G r 1$ は、拡大側から順に、縮小側に凹の負メニスカスレンズと拡大側に凸の平凸レンズとの接合レンズ、及び拡大側に凸の正メニスカスレンズから成っている。第2～第5の実施の形態において、第1群 $G r 1$ は、拡大側から順に、縮小側に凹の負メニスカスレンズと両凸の正レンズとの接合レンズ、及び拡大側に凸の正メニスカスレンズから成っている。第1～第5の実施の形態において、第2群 $G r 2$ は、拡大側から順に、縮小側に凹の負メニスカスレンズ、両凹の負レンズ、及び拡大側に凸の正メニスカスレンズから成っている。第1～第4の実施の形態において、第3群 $G r 3$ は、拡大側から順に、両凹の負レンズ、及び拡大側に凸の正メニスカスレンズから成っている。第5の実施の形態において、第3群 $G r 3$ は、拡大側から順に、両凹の負レンズ、拡大側に凸の正メニスカスレンズ、及び絞りAから成っている。

40

【0016】第1の実施の形態において、第4群 $G r 4$ の前群 $G r 4 F$ は、拡大側から順に、両凸の正レンズ、両凸の正レンズと両凹の負レンズとの接合レンズ、絞りA、及び縮小側に凹の負メニスカスレンズから成っている。また、第1の実施の形態において、第4群 $G r 4$ の後群 $G r 4 R$ は、拡大側から順に、縮小側に凸の平凸レンズ、拡大側に凹の負メニスカスレンズ、及び2枚の両

50

凸の正レンズから成っている。

【0017】第2の実施の形態において、第4群Gr4の前群Gr4Fは、拡大側から順に、縮小側に凸の正メニスカスレンズ、両凸の正レンズと拡大側に凹の負メニスカスレンズとの接合レンズ、絞りA、及び縮小側に凹の負メニスカスレンズから成っている。また、第2の実施の形態において、第4群Gr4の後群Gr4Rは、拡大側から順に、縮小側に凸の正メニスカスレンズ、拡大側に凹の負メニスカスレンズ、及び2枚の両凸の正レンズから成っている。

【0018】第3の実施の形態において、第4群Gr4の前群Gr4Fは、拡大側から順に、両凸の正レンズ（縮小側の面が非球面）、絞りA、両凸の正レンズと両凹の負レンズとの接合レンズ、及び縮小側に凹の負メニスカスレンズから成っている。また、第3の実施の形態において、第4群Gr4の後群Gr4Rは、拡大側から順に、両凸の正レンズ、拡大側に凹の負メニスカスレンズ、及び2枚の両凸の正レンズから成っている。

【0019】第4の実施の形態において、第4群Gr4の前群Gr4Fは、拡大側から順に、両凸の正レンズ、絞りA、両凸の正レンズと両凹の負レンズとの接合レンズ、及び縮小側に凹の負メニスカスレンズから成っている。また、第4の実施の形態において、第4群Gr4の後群Gr4Rは、拡大側から順に、両凸の正レンズ、拡大側に凹の負メニスカスレンズ、及び2枚の両凸の正レンズから成っている。

【0020】第5の実施の形態において、第4群Gr4の前群Gr4Fは、拡大側から順に、両凸の正レンズ、両凸の正レンズと両凹の負レンズとの接合レンズ、及び縮小側に凹の負メニスカスレンズから成っている。また、第5の実施の形態において、第4群Gr4の後群Gr4Rは、拡大側から順に、両凸の正レンズ、拡大側に凹の負メニスカスレンズ、及び2枚の両凸の正レンズから成っている。

【0021】第1～第5の実施の形態のような正・負・負・正の変倍光学系は、第2群Gr2中の少なくとも1枚の負レンズと、第3群Gr3中の少なくとも1枚の負レンズと、第4群Gr4中の少なくとも1枚の正レンズとが、以下の条件式(1)及び(2)を満足するレンズ材料で構成されていることが望ましい。

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot \nu d) < 0.06 \quad \cdots (1)$$

$$65 < \nu d < 100 \quad \cdots (2)$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C),$$

$$\nu d = (n_d - 1) / (n_F - n_C),$$

n_g : g線(波長:435.84nm)に対する屈折率、

n_F : F線(波長:486.13nm)に対する屈折率、

n_C : C線(波長:656.28nm)に対する屈折率、

n_d : d線(波長:587.56nm)に対する屈折率

である。

【0022】条件式(1)は、使用するレンズ材料のg線とF線に対する異常部分分散性を、部分分散の規準線からの偏差として定量的に規定している。具体的には、条件式(1)の Θ がg線とF線の使用レンズ材料の部分分散比を表しており、条件式(1)の括弧内が同じ νd (アッペ数)の規準ガラスの場合の計算によって得られる部分分散比を表している。つまり、条件式(1)を満足するレンズ材料とは、一般的に異常分散ガラスと呼ばれるものであり、規準線からの偏差が0.015より大きい場合は、規準ガラスに比べて相対的にg線の屈折率が大きいことを表している。

【0023】図1に、正・負・負・正の変倍光学系の広角端〈S〉でのレンズ配置を模式的に示す。図1中、点線が広角端〈S〉での軸外の主光線を表している。従来の投影変倍光学系において、g線とC線の倍率色収差を表示素子面D上で同一位置になるように補正した場合、その位置はd線に対して光軸外側に大きくずれることになる。表示素子面D上の太矢印は、そのg線の倍率色収差を方向と共に表している。

【0024】上記g線の倍率色収差は、以下のような原理によって補正される。負の屈折力を持つ第2群Gr2の負レンズと、負の屈折力を持つ第3群Gr3の負レンズと、正の屈折力を持つ第4群Gr4の正レンズと、に異常分散ガラスを用いた場合、各群Gr2～Gr4において、図1中の小矢印で示した方向にg線を曲げる効果が強くなる。この効果は、異常分散ガラスのg線の屈折率が規準ガラスに対して相対的に高いことによって発生する。そのため、条件式(1)を満たすことによりg線とC線の倍率色収差を補正した場合は、広角端〈S〉で光軸外側にずれるg線の倍率色収差を、従来の投影光学系よりはるかに小さく補正することが可能となる。

【0025】したがって、条件式(1)の下限を超えた場合、各群Gr2～Gr4に使用するレンズ材料の異常分散性が小さくなり、倍率色収差を充分小さく補正することが不可能になる。反対に、条件式(1)の上限を超えた場合、異常分散性は充分であるが、そのようなレンズ材料は一般には存在せず、仮にあったとしても、大幅なコストアップは避けられなくなる。

【0026】また、条件式(2)の下限を超えた場合、各群の色消しが不十分になり、倍率色収差及び軸上色収差の変倍による収差変動が大きくなってしまふ。反対に、条件式(2)の上限を超えた場合、各群の色消しは充分であるが、そのようなレンズ材料は一般には存在しない。

【0027】また、第1～第5の実施の形態のように、第4群Gr4が、投影側より順に、正の屈折力を持つ前群Gr4Fと、この前群Gr4Fからある程度の空間において配置された正の屈折力を持つ後群Gr4Rと、から成り、第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまででほぼアフォーカル系を構成する正・負・負・正の変倍光学系は、以下の条件式(3)～(5)を満足することが

望ましい。

$$-0.2 < fW \cdot \phi FW < 0.15 \quad \dots (3)$$

$$0.5 < |\phi 2| \cdot fW < 0.8 \quad \dots (4)$$

$$0.25 < \phi 1 / |\phi 2| < 0.5 \quad \dots (5)$$

ただし、

fW ：広角端〈S〉での全系の焦点距離、

ϕFW ：広角端〈S〉での第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまでの屈折力、

$\phi 1$ ：第1群Gr1の屈折力、

$\phi 2$ ：第2群Gr2の屈折力

である。

【0028】条件式(3)は、第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまでの屈折力の適正な範囲を規定している。具体的には、広角端〈S〉での焦点距離に対して、第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまでの屈折力が充分小さくなった、アフォーカル系の構成を規定している。

【0029】条件式(3)の下限を超えた場合、第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまでの屈折力がマイナス側にアフォーカル系から外れ、第4群Gr4の後群Gr4Rの屈折力が相対的に大きくなってしまふ。そのため、バックフォーカスが必要以上に長くなることで、光学系全体が大型化してしまふ。さらに、性能的には、第4群Gr4の後群Gr4Rで発生するコマ収差が増大し、ペッツパール和がマイナス側に変移することで像面湾曲の補正が困難になる。

【0030】反対に、条件式(3)の上限を超えた場合、第1群Gr1から第4群Gr4の前群Gr4Fまでの屈折力がプラス側にアフォーカル系から外れ、第4群Gr4の後群Gr4Rの屈折力が相対的に小さくなってしまふ。そのため、第4群Gr4の後群Gr4Rのレンズ構成だけでは、バックフォーカスを十分に確保することが困難になる。性能的には、ペッツパール和がプラス側に変移することで像面湾曲の補正が困難になる。

【0031】条件式(4)は、変倍作用の大部分を受け持つ第2群Gr2の屈折力の適正な範囲を規定している。第2群Gr2の屈折力が条件式(4)の下限を超えて小さくなった場合、変倍による第2群Gr2の移動量が大きくなり、光学系全体が大型化してしまふ。また、それに伴って第2群Gr2に使用する異常分散のレンズ径が大きくなるため、コストアップが避けられなくなる。また反対に、第2群Gr2の屈折力が条件式(4)の上限を超えて大きくなった場合、変倍による第2群Gr2の移動量は小さくなる。しかし、それ以上に第2群Gr2で発生する収差が増大するため、球面収差の変倍による収差変動等が補正困難になる。

【0032】条件式(5)は、第1群Gr1と第2群Gr2との屈折力のバランスを規定している。小型化と高性能化を保障するためには、この条件式(5)を満足することが必要になる。条件式(5)の下限を超えた場合、第2

群Gr2の屈折力は第1群Gr1に比べて相対的に強くなり、変倍時に移動する第3群Gr3の軌跡が変わり、広角端〈S〉で望遠端〈L〉よりも表示素子面D側(縮小側)に位置するようになる。そのため、第4群Gr4の前群Gr4Fとの干渉を避けるために、第3群Gr3を望遠端〈L〉でより投影側(拡大側)に配置しなければならなくなり、変倍光学系全体が大型化してしまふ。また、この条件式(5)の上限を超えた場合、第2群Gr2の屈折力が第1群Gr1に比べて相対的に弱くなり、変倍時に移動する第3群Gr3の軌跡が変わり、広角端〈S〉で望遠端〈L〉よりも投影側に位置するようになる。そのため、広角端〈S〉において負の歪曲収差が増大し、また、球面収差の変倍による収差変動等が補正困難になってしまう。

【0033】第1～第4の実施の形態のように、第4群Gr4の前群Gr4F中であって第4群Gr4の後群Gr4Rのほぼ前側焦点位置に、絞りAを配置することが望ましい。このように絞りAを配置することによって、縮小側にテレセントリックな光学系を構成することができる。縮小側にテレセントリックに構成すると、表示素子面D側に配置されたクロスダイクロイックプリズムP Rを通過する光線が、表示素子面D上での高さによらずつねに一定角度でダイクロイック面に入射することになる。このため、スクリーン面上において投影像に色ムラが生じるのを防止することができる。また、変倍時固定の第4群Gr4の前群Gr4F中に絞りAが位置することになるため、変倍によって縮小側のFナンバーが変化しないという効果も得られる。なお、ここでいう「絞り」とは、軸上光束径を可変にできる可変絞りのことだけでなく、レンズ押さえと一体になったような、軸上光束を固定で規制する光束規制板も含むものである。

【0034】第5の実施の形態のように、第3群Gr3中であって第4群Gr4のほぼ前側焦点位置に、絞りAを配置することが望ましい。このように絞りAを配置することによって、上記第1～第4の実施の形態の場合と同様、縮小側にほぼテレセントリックな光学系を構成することができる。このように絞りAが配置された構成では、第3群Gr3の変倍時の移動によって、テレセントリック性が若干変化する。そのため、若干の色ムラが発生する可能性はあるが、それよりも第1群Gr1、第2群Gr2により近い位置に絞りAが配置されるため、これらのレンズ径を小さくすることが可能となる。したがって、変倍光学系の低コスト化、小型化を達成することができる。

【0035】第3の実施の形態のように、正・負・負・正の変倍光学系に非球面を使用すれば、更に良好に各収差を補正することが可能となる。絞りAの近くに非球面を追加することによって、特に球面収差を良好に補正することができる。また、第4の実施の形態のように、正・負・負・正の変倍光学系において、第1群Gr1が望

遠端〈L〉から広角端〈S〉の変倍に際して投影側に移動する構成とすれば、特に広角端〈S〉での負の歪曲収差を良好に補正することが可能となる。正・負・負・正の変倍光学系におけるフォーカスは、第2群Gr2以外のいずれかの群、又は第1群Gr1から第4群Gr4までの全体を、光軸方向に移動させることによって行うのが望ましい。このようなフォーカス方式を採用すれば、倍率変動の小さいフォーカスが可能となる。

【0036】

【実施例】以下、本発明を実施した変倍光学系の構成を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1～5は、前述した第1～第5の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1～第5の実施の形態を表すレンズ構成図(図2、図6、図10、図14、図18)は、対応する実施例1～5のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0037】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側から数えて i 番目の面の

$$X = \frac{C \cdot Y^2}{1 + (1 - \varepsilon \cdot Y^2 \cdot C^2)^{1/2}} + \sum_i A_i Y^i \quad \dots (AS)$$

【0040】ただし、式(AS)中、

X : 光軸方向の基準面からの変位量、

Y : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

C : 近軸曲率、

ε : 2次曲面パラメータ、

A_i : i 次の非球面係数

である。

【0041】《実施例1》

曲率半径、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側から数えて i 番目の軸上面間隔を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)、 v_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側から数えて i 番目の光学要素の d 線に対する屈折率(n_d)、アッペ数(v_d)を示している。コンストラクションデータ中、ズーミングにより変化する軸上面間隔(可変間隔)は、望遠端(長焦点距離端)〈L〉～ミドル(中間焦点距離状態)〈M〉～広角端(短焦点距離端)〈S〉での各群間の軸上面間隔である。これらの各焦点距離状態〈L〉、〈M〉、〈S〉に対応する全系の焦点距離 f 、FナンバーFNO及びバックフォーカス S' (ダイクロミックプリズムPRを含めた光学系全体としての値)を併せて示す。また、表1に、各実施例における条件式(1)～(5)の対応値及びその他の関連データを示す。

【0038】また、曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表わす次の式(AS)で定義されるものとする。

【0039】

【数1】

$f=97.0\sim60.5\sim41.0$
 $FNO=3.00\sim3.00\sim3.00$
 $S'=8.710\sim8.710\sim8.710$
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 {第1群Gr1 ...正}
 $r1=192.507$
 $d1=4.000$ $N1=1.80518$ $\nu1=25.46$
 $r2=104.880$
 $d2=8.800$ $N2=1.62041$ $\nu2=60.34$
 $r3=\infty$
 $d3=0.300$
 $r4=144.329$
 $d4=5.000$ $N3=1.62041$ $\nu3=60.34$
 $r5=519.745$
 $d5=59.683\sim30.111\sim0.836$
 {第2群Gr2 ...負}
 $r6=131.972$
 $d6=2.500$ $N4=1.49700$ $\nu4=81.61$
 $r7=30.724$
 $d7=15.500$
 $r8=-107.557$
 $d8=2.000$ $N5=1.49700$ $\nu5=81.61$
 $r9=73.888$
 $d9=0.300$
 $r10=48.844$
 $d10=4.000$ $N6=1.74950$ $\nu6=35.04$
 $r11=117.827$
 $d11=3.354\sim31.685\sim62.203$
 {第3群Gr3 ...負}
 $r12=-64.548$
 $d12=1.500$ $N7=1.49700$ $\nu7=81.61$
 $r13=43.004$
 $d13=3.000$
 $r14=45.905$
 $d14=3.000$ $N8=1.74950$ $\nu8=35.04$
 $r15=75.913$
 $d15=2.975\sim4.216\sim2.974$
 {第4群Gr4 ...正}
 (前群Gr4F ...正)
 $r16=440.857$
 $d16=3.000$ $N9=1.69680$ $\nu9=55.46$
 $r17=-84.366$
 $d17=0.300$
 $r18=44.843$
 $d18=5.200$ $N10=1.62041$ $\nu10=60.34$

$r19=-60.544$
 $d19=1.500$ $N11=1.70154$ $\nu11=41.15$
 $r20=93.897$
 $d20=0.300$
 $r21=\infty$ (絞りA)
 $d21=0.000$
 $r22=36.102$
 $d22=1.700$ $N12=1.49700$ $\nu12=81.61$
 $r23=29.323$
 $d23=58.000$
 10 (後群Gr4R ...正)
 $r24=\infty$
 $d24=10.300$ $N13=1.49700$ $\nu13=81.61$
 $r25=-39.366$
 $d25=1.500$
 $r26=-38.888$
 $d26=2.800$ $N14=1.74950$ $\nu14=35.04$
 $r27=-90.715$
 $d27=0.300$
 20 $r28=457.641$
 $d28=6.000$ $N15=1.49700$ $\nu15=81.61$
 $r29=-92.979$
 $d29=0.300$
 $r30=115.076$
 $d30=5.500$ $N16=1.49700$ $\nu16=81.61$
 $r31=-344.730$
 $d31=5.000$
 {ダイクロイックプリズムPR}
 $r32=\infty$
 $d32=105.500$ $N17=1.51680$ $\nu17=64.20$
 30 $r33=\infty$
 【0042】《実施例2》
 40

13

$f=97.0\sim60.5\sim41.0$
 $FNO=3.00\sim3.00\sim3.00$
 $S'=7.931\sim7.931\sim7.931$
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 {第1群Gr1 …正}
 $r1=304.404$
 $d1=4.000$ $N1=1.80518$ $\nu1=25.46$
 $r2=140.694$
 $d2=8.800$ $N2=1.62041$ $\nu2=60.34$
 $r3=-3431.591$
 $d3=0.300$
 $r4=132.133$
 $d4=5.000$ $N3=1.62041$ $\nu3=60.34$
 $r5=321.056$
 $d5=74.712\sim37.742\sim1.000$
 {第2群Gr2 …負}
 $r6=140.030$
 $d6=2.500$ $N4=1.58170$ $\nu4=69.75$
 $r7=32.322$
 $d7=15.000$
 $r8=-149.160$
 $d8=2.000$ $N5=1.58170$ $\nu5=69.75$
 $r9=70.205$
 $d9=0.300$
 $r10=50.317$
 $d10=4.500$ $N6=1.77551$ $\nu6=37.90$
 $r11=175.619$
 $d11=4.000\sim43.688\sim83.377$
 {第3群Gr3 …負}
 $r12=-59.927$
 $d12=1.500$ $N7=1.58170$ $\nu7=69.75$
 $r13=88.403$
 $d13=2.000$
 $r14=74.010$
 $d14=3.000$ $N8=1.74950$ $\nu8=35.04$
 $r15=117.591$
 $d15=8.000\sim5.281\sim2.335$
 {第4群Gr4 …正}
 (前群Gr4F …正)
 $r16=-530.287$
 $d16=4.000$ $N9=1.69680$ $\nu9=55.46$
 $r17=-76.330$
 $d17=0.300$
 $r18=86.227$
 $d18=7.500$ $N10=1.62041$ $\nu10=60.34$

(8)

特開平10-161027

14

$r19=-41.334$
 $d19=1.500$ $N11=1.70154$ $\nu11=41.15$
 $r20=-149.495$
 $d20=0.000$
 $r21=\infty$ (絞りA)
 $d21=0.300$
 $r22=29.544$
 $d22=2.000$ $N12=1.51680$ $\nu12=64.20$
 $r23=27.906$
 $d23=69.000$
 {後群Gr4R …正}
 $r24=-74.120$
 $d24=10.000$ $N13=1.49700$ $\nu13=81.61$
 $r25=-32.807$
 $d25=1.500$
 $r26=-32.123$
 $d26=2.800$ $N14=1.74950$ $\nu14=35.04$
 $r27=-70.954$
 $d27=0.300$
 $r28=6887.527$
 $d28=6.500$ $N15=1.49700$ $\nu15=81.61$
 $r29=-76.053$
 $d29=0.300$
 $r30=106.272$
 $d30=6.500$ $N16=1.49700$ $\nu16=81.61$
 $r31=-194.921$
 $d31=5.000$
 {ダイクロイックプリズムPR}
 $r32=\infty$
 $d32=97.000$ $N17=1.51680$ $\nu17=64.20$
 $r33=\infty$
 【0043】《実施例3》

40

15

f=97.0~60.5~41.0
 FN0=3.00~3.00~3.00
 S'=5.618~5.618~5.618
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 {第1群Gr 1 ...正}
 r1= 252.054
 d1= 4.000 N1= 1.80518 ν 1= 25.46
 r2= 117.588
 d2= 8.800 N2= 1.62041 ν 2= 60.34
 r3=-1762.767
 d3= 0.300
 r4= 118.022
 d4= 5.000 N3= 1.62041 ν 3= 60.34
 r5= 360.194
 d5= 58.457~29.776~1.200
 {第2群Gr 2 ...負}
 r6= 102.464
 d6= 2.500 N4= 1.49700 ν 4= 81.61
 r7= 27.114
 d7= 15.500
 r8= -122.810
 d8= 2.000 N5= 1.49700 ν 5= 81.61
 r9= 56.749
 d9= 0.300
 r10= 39.855
 d10= 4.000 N6= 1.74950 ν 6= 35.04
 r11= 76.034
 d11= 3.354~33.511~64.691
 {第3群Gr 3 ...負}
 r12= -71.613
 d12= 1.500 N7= 1.49700 ν 7= 81.61
 r13= 45.146
 d13= 3.000
 r14= 45.905
 d14= 3.000 N8= 1.74950 ν 8= 35.04
 r15= 67.478
 d15= 6.000~4.523~1.919
 {第4群Gr 4 ...正}
 (前群Gr 4 F ...正)
 r16= 114.769
 d16= 4.000 N9= 1.49140 ν 9= 57.82
 r17*=-61.000
 d17= 0.300
 r18= ∞ (絞りA)
 d18= 0.000

(9) 特開平 1 0 - 1 6 1 0 2 7

16

r19= 44.737
 d19= 6.000 N10=1.62041 ν 10=60.34
 r20= -60.414
 d20= 1.500 N11=1.70154 ν 11=41.15
 r21= 95.241
 d21= 0.300
 r22= 33.018
 d22= 1.700 N12=1.51680 ν 12=64.20
 r23= 27.520
 d23= 58.000
 10 (後群Gr 4 R ...正)
 r24= 616.333
 d24= 10.300 N13=1.49700 ν 13=81.61
 r25= -39.350
 d25= 1.500
 r26= -38.959
 d26= 2.800 N14=1.74950 ν 14=35.04
 r27= -92.977
 d27= 0.300
 20 r28=2570.562
 d28= 6.000 N15=1.49700 ν 15=81.61
 r29=-103.860
 d29= 0.300
 r30= 145.463
 d30= 5.500 N16=1.49700 ν 16=81.61
 r31=-247.352
 d31= 5.000
 {ダイクロイックプリズムPR}
 r32= ∞
 d32=105.500 N17=1.51680 ν 17=64.20
 30 r33= ∞
 【0044】[非球面係数]
 r17: $\varepsilon = 1.0000$
 A4= 0.39481×10^{-6}
 A6= 0.13982×10^{-9}
 A8= 0.43892×10^{-12}
 【0045】《実施例4》

40

17

f=97.0~60.5~41.0
 FN0=3.00~3.00~3.00
 S'=10.200~10.200~10.200
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 {第1群G r 1 …正}
 r1= 307.976
 d1= 4.500 N1= 1.80518 ν1= 25.46
 r2= 123.281
 d2= 8.800 N2= 1.62041 ν2= 60.34
 r3= -859.247
 d3= 0.300
 r4= 106.105
 d4= 6.500 N3= 1.62041 ν3= 60.34
 r5= 505.623
 d5= 48.053~24.111~1.000
 {第2群G r 2 …負}
 r6= 174.902
 d6= 3.500 N4= 1.49700 ν4= 81.61
 r7= 38.299
 d7= 15.500
 r8= -148.257
 d8= 2.500 N5= 1.49700 ν5= 81.61
 r9= 77.144
 d9= 0.300
 r10= 62.452
 d10= 5.000 N6= 1.74000 ν6= 31.72
 r11= 156.006
 d11= 5.000~33.050~65.188
 {第3群G r 3 …負}
 r12= -50.652
 d12= 1.500 N7= 1.49700 ν7= 81.61
 r13= 40.554
 d13= 3.000
 r14= 45.905
 d14= 3.000 N8= 1.74950 ν8= 35.04
 r15= 103.038
 d15= 3.500~9.392~10.365
 {第4群G r 4 …正}
 (前群G r 4 F …正)
 r16= 121.291
 d16= 3.000 N9= 1.69680 ν9= 55.46
 r17= -106.671
 d17= 0.300
 r18= ∞(絞りA)
 d18= 0.300

(10) 特開平10-161027

18

r19= 45.893
 d19= 5.200 N10=1.62041 ν10=60.34
 r20= -62.585
 d20= 1.500 N11=1.70154 ν11=41.15
 r21= 108.002
 d21= 1.800
 r22= 274.767
 d22= 1.700 N12=1.51680 ν12=64.20
 r23= 37.738
 d23= 46.000
 10 (後群G r 4 R …正)
 r24= 252.709
 d24= 11.000 N13=1.49700 ν13=81.61
 r25= -39.366
 d25= 1.500
 r26= -38.598
 d26= 2.800 N14=1.74950 ν14=35.04
 r27= -95.968
 d27= 0.300
 20 r28= 770.879
 d28= 6.000 N15=1.49700 ν15=81.61
 r29= -80.760
 d29= 0.300
 r30= 115.076
 d30= 6.000 N16=1.49700 ν16=81.61
 r31= -273.497
 d31= 5.000
 {ダイクロイックプリズムPR}
 r32= ∞
 d32=102.500 N17=1.51680 ν17=64.20
 30 r33= ∞
 【0046】《実施例5》

40

19

$f=97.0\sim60.5\sim41.0$
 $FN0=3.00\sim2.93\sim2.99$
 $S'=3.658\sim3.658\sim3.658$
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 {第1群Gr1 ...正}
 $r1=198.414$
 $d1=4.000$ $N1=1.80518$ $\nu1=25.46$
 $r2=105.906$
 $d2=8.800$ $N2=1.62041$ $\nu2=60.34$
 $r3=-5516.328$
 $d3=0.300$
 $r4=150.403$
 $d4=5.000$ $N3=1.62041$ $\nu3=60.34$
 $r5=607.862$
 $d5=59.263\sim29.894\sim0.835$
 {第2群Gr2 ...負}
 $r6=132.603$
 $d6=2.500$ $N4=1.43388$ $\nu4=95.00$
 $r7=29.843$
 $d7=15.500$
 $r8=-97.971$
 $d8=2.000$ $N5=1.43388$ $\nu5=95.00$
 $r9=75.321$
 $d9=0.300$
 $r10=45.266$
 $d10=4.000$ $N6=1.74950$ $\nu6=35.04$
 $r11=77.174$
 $d11=4.000\sim31.978\sim62.221$
 {第3群Gr3 ...負}
 $r12=-54.183$
 $d12=1.500$ $N7=1.43388$ $\nu7=95.00$
 $r13=43.307$
 $d13=3.000$
 $r14=45.905$
 $d14=3.000$ $N8=1.74950$ $\nu8=35.04$
 $r15=67.921$
 $d15=1.200$
 $r16=\infty$ (絞りA)
 $d16=1.800\sim3.191\sim2.007$
 {第4群Gr4 ...正}
 (前群Gr4F ...正)
 $r17=486.251$
 $d17=3.000$ $N9=1.69680$ $\nu9=55.46$
 $r18=-80.411$
 $d18=0.300$

(11)

特開平10-161027

20

$r19=44.843$
 $d19=5.200$ $N10=1.62041$ $\nu10=60.34$
 $r20=-60.001$
 $d20=1.500$ $N11=1.70154$ $\nu11=41.15$
 $r21=90.675$
 $d21=0.300$
 $r22=36.764$
 $d22=1.700$ $N12=1.43388$ $\nu12=95.00$
 $r23=29.328$
 $d23=48.000$
 {後群Gr4R ...正}
 $r24=635.437$
 $d24=10.300$ $N13=1.43388$ $\nu13=95.00$
 $r25=-36.680$
 $d25=1.500$
 $r26=-36.802$
 $d26=2.800$ $N14=1.74950$ $\nu14=35.04$
 $r27=-67.133$
 $d27=0.300$
 $r28=376.631$
 $d28=6.000$ $N15=1.43388$ $\nu15=95.00$
 $r29=-92.979$
 $d29=0.300$
 $r30=115.076$
 $d30=5.500$ $N16=1.43388$ $\nu16=95.00$
 $r31=-275.071$
 $d31=5.000$
 {ダイクロイックプリズムPR}
 $r32=\infty$
 $d32=105.500$ $N17=1.51680$ $\nu17=64.20$
 $r33=\infty$
 【0047】
 【表1】

40

21

22

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
Θ	0.5387	0.5432 0.5387	0.5387	0.5387	0.5417
(2) νd	81.61	69.75 81.61	81.61	81.61	95
(1) $\Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot \nu d)$	0.0318	0.0164 0.0318	0.0318	0.0318	0.0573
(3) $f \cdot W \cdot \phi F W$	-0.091	0.082	-0.033	-0.164	-0.087
(4) $ \phi 2 \cdot f W$	0.619	0.619	0.738	0.540	0.619
(5) $\phi 1 / \phi 2 $	0.364	0.283	0.305	0.488	0.364
絞りA	第4群	第4群	第4群	第4群	第3群
その他	---	---	第4群に非球面	第1群が λ^* - λ 移動	---

【0048】図3～図5、図7～図9、図11～図13、図15～図17、図19～図21は、実施例1～5（ダイクロイックプリズムPRを含めた光学系）にそれぞれ対応する収差図であって、望遠端〈L〉、ミドル〈M〉、広角端〈S〉における縮小側での無限遠物体に対する諸収差(H:入射高、Y':像高)を示している。また、各図は、d線、g線、C線に対する球面収差；正弦条件(SC)；サジタル面(DS)とタンジェンシャル面(DT)でのd線、g線、C線に対する非点収差；d線に対する歪曲収差；g線、C線に対する倍率色収差を示している。なお、上記各実施例を投影用変倍光学系として投影装置(例えば、液晶プロジェクター)に用いる場合には、本来はスクリーン面が像面であり表示素子面(例えば、液晶パネル面)Dが物体面であるが、上記各実施例では、光学設計上それぞれ縮小系(例えば、撮像光学系)とし、スクリーン面を物体面とみなして表示素子面Dで光学性能を評価している。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように第1～第4の発明によれば、小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するための、倍率色収差の小さな変倍光学系を実現することができる。また、第2の発明によれば、バックフォーカスが長く諸収差が良好に補正された、投影光学系として好適な変倍光学系を実現することができる。さらに、第3又は第4の発明によれば、縮小側へのテレセントリック性によって色ムラのない投影像が得ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】正・負・負・正の変倍光学系における倍率色収差の補正原理を説明するための模式図。

【図2】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図3】実施例1の望遠端〈L〉での収差図。

【図4】実施例1の中間焦点距離状態〈M〉での収差図。

【図5】実施例1の広角端〈S〉での収差図。

【図6】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図7】実施例2の望遠端〈L〉での収差図。

【図8】実施例2の中間焦点距離状態〈M〉での収差図。

【図9】実施例2の広角端〈S〉での収差図。

【図10】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図11】実施例3の望遠端〈L〉での収差図。

【図12】実施例3の中間焦点距離状態〈M〉での収差図。

【図13】実施例3の広角端〈S〉での収差図。

【図14】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図15】実施例4の望遠端〈L〉での収差図。

【図16】実施例4の中間焦点距離状態〈M〉での収差図。

【図17】実施例4の広角端〈S〉での収差図。

【図18】第5の実施の形態(実施例5)のレンズ構成図。

【図19】実施例5の望遠端〈L〉での収差図。

【図20】実施例5の中間焦点距離状態〈M〉での収差図。

【図21】実施例5の広角端〈S〉での収差図。

【符号の説明】

G r 1 …第1群

G r 2 …第2群

G r 3 …第3群

G r 4 …第4群

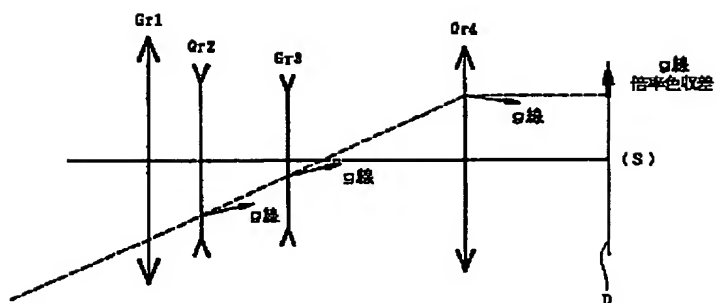
G r 4 F …前群

G r 4 R …後群

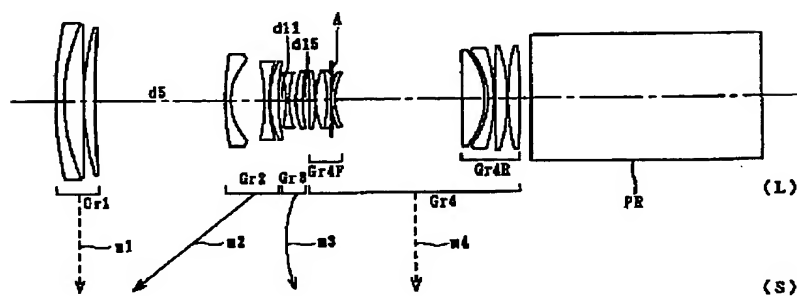
PR …ダイクロイックプリズム

A …絞り

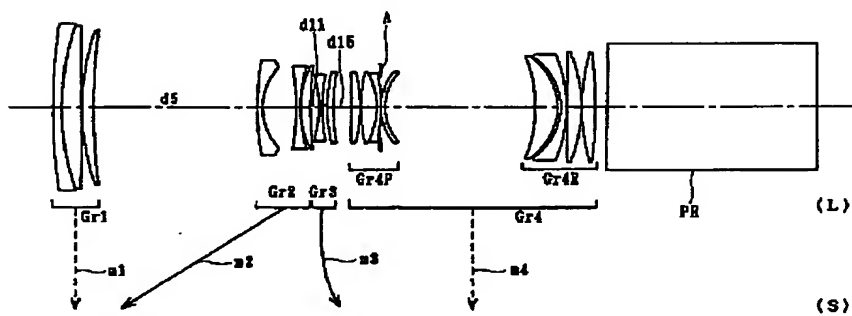
【図1】



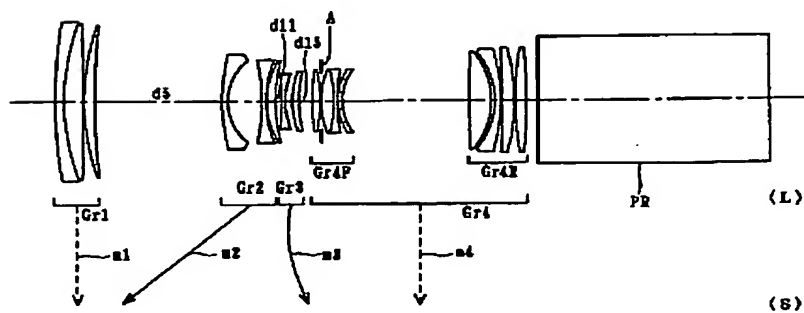
【図2】



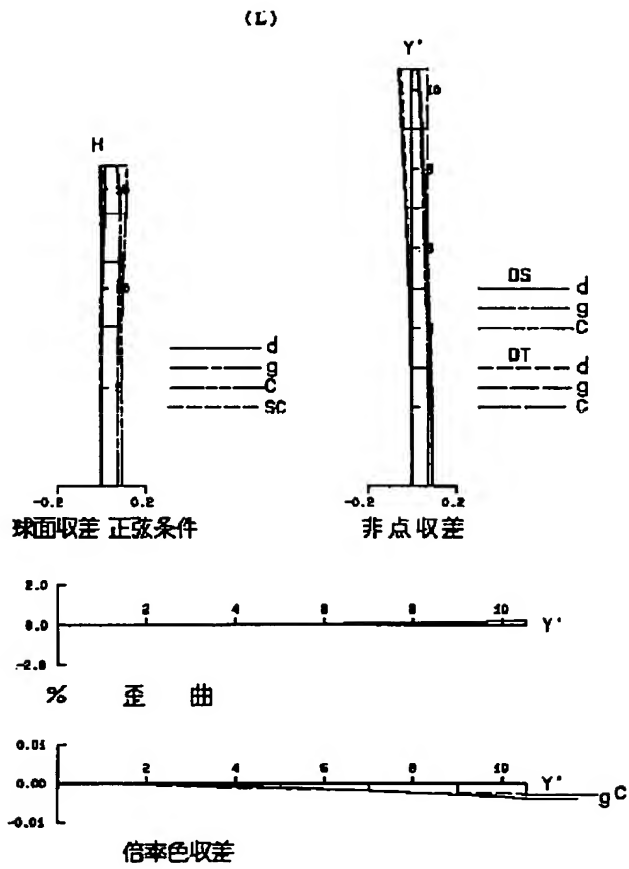
【図6】



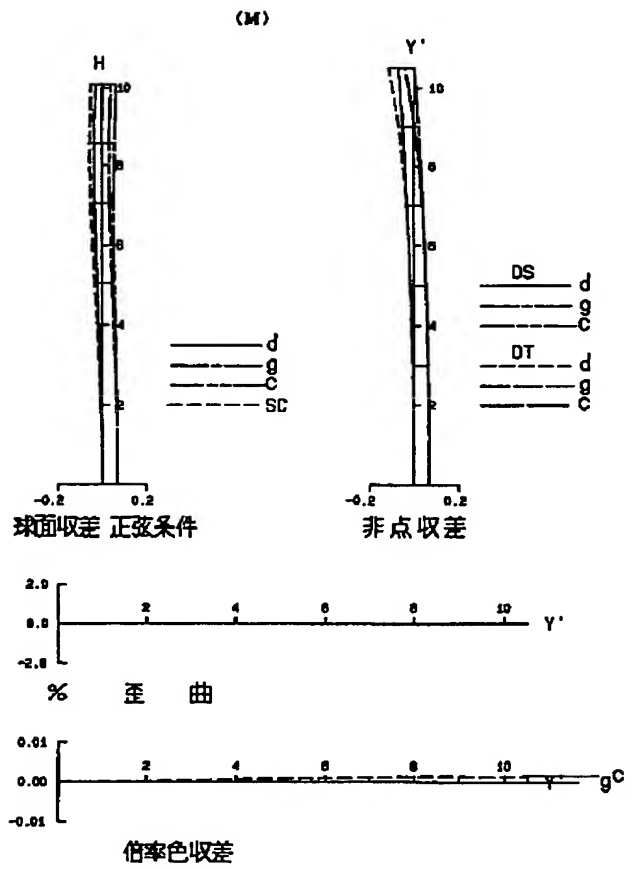
【図10】



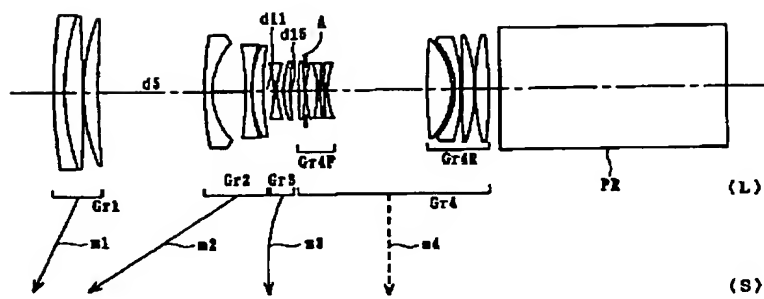
【図3】



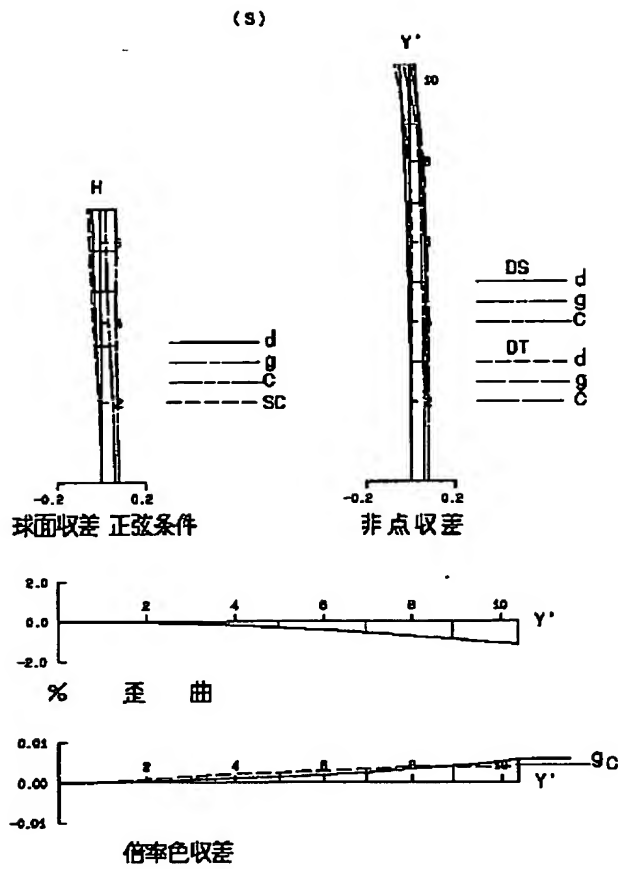
【図4】



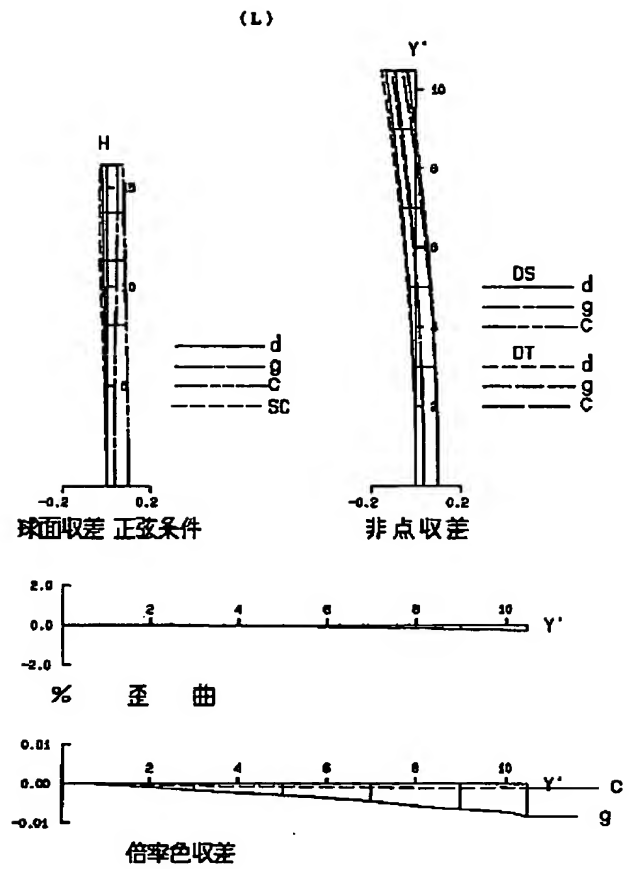
【図14】



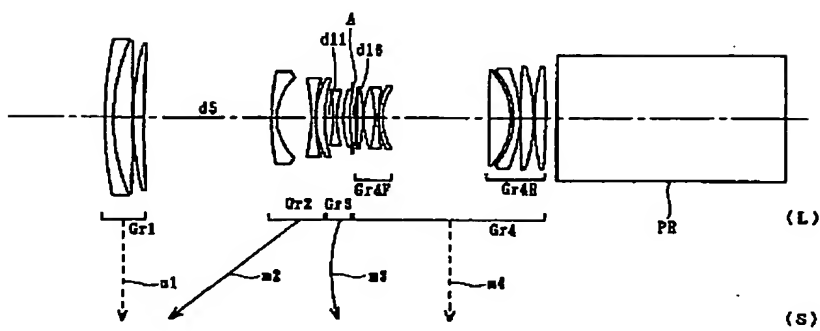
【図5】



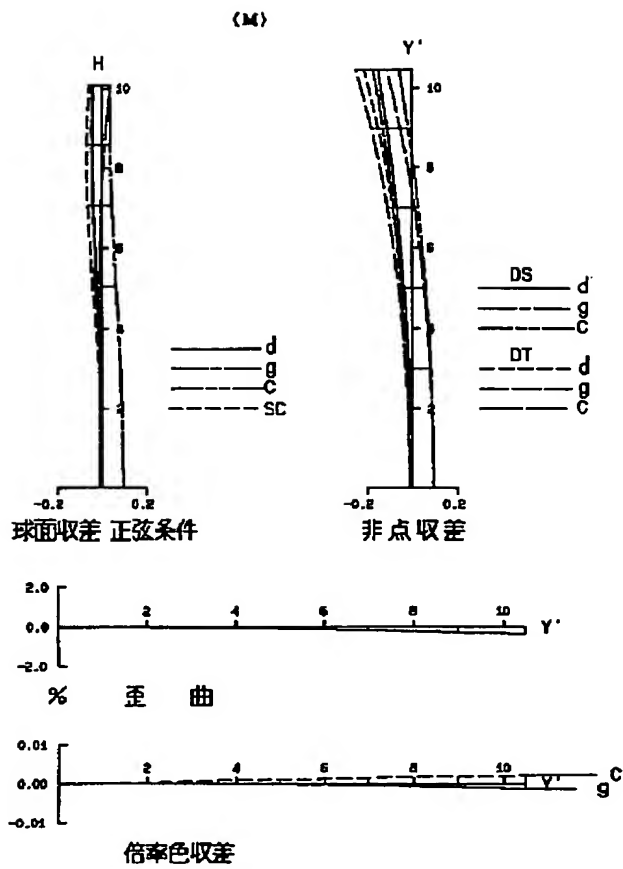
【図7】



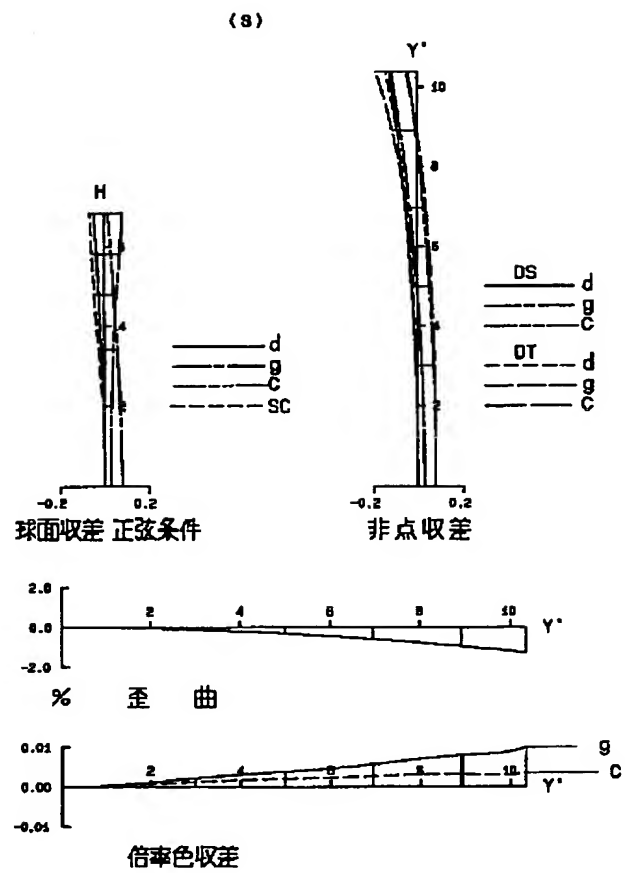
【図18】



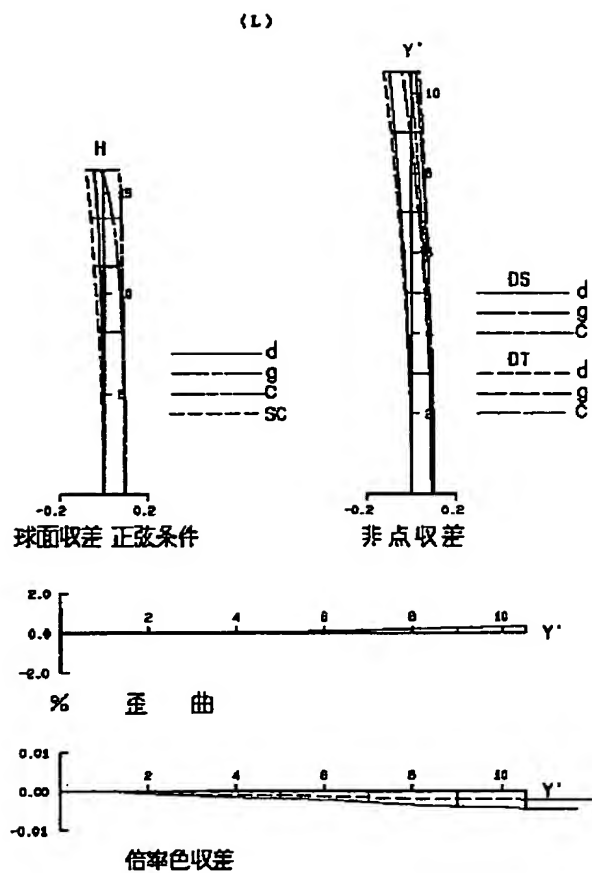
【図 8】



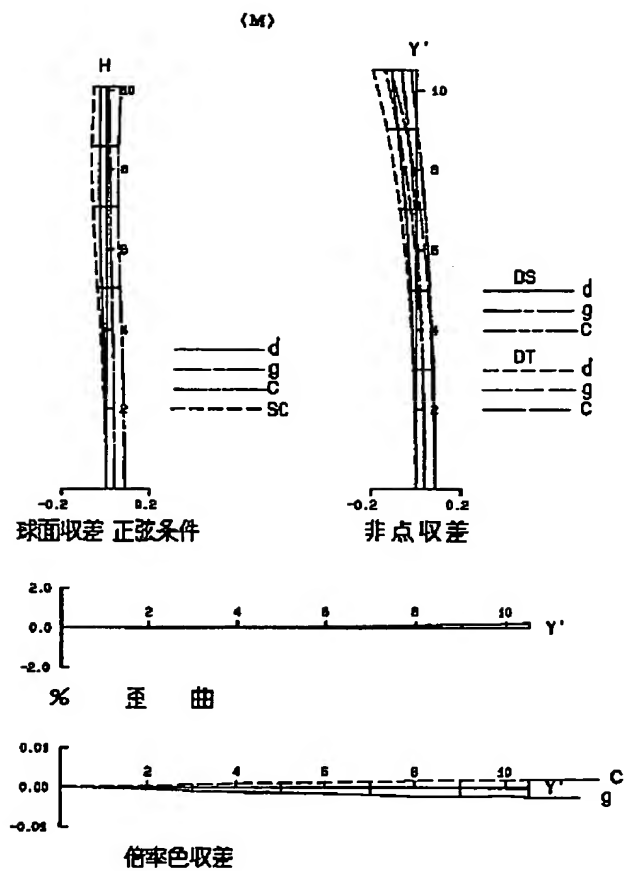
【図 9】



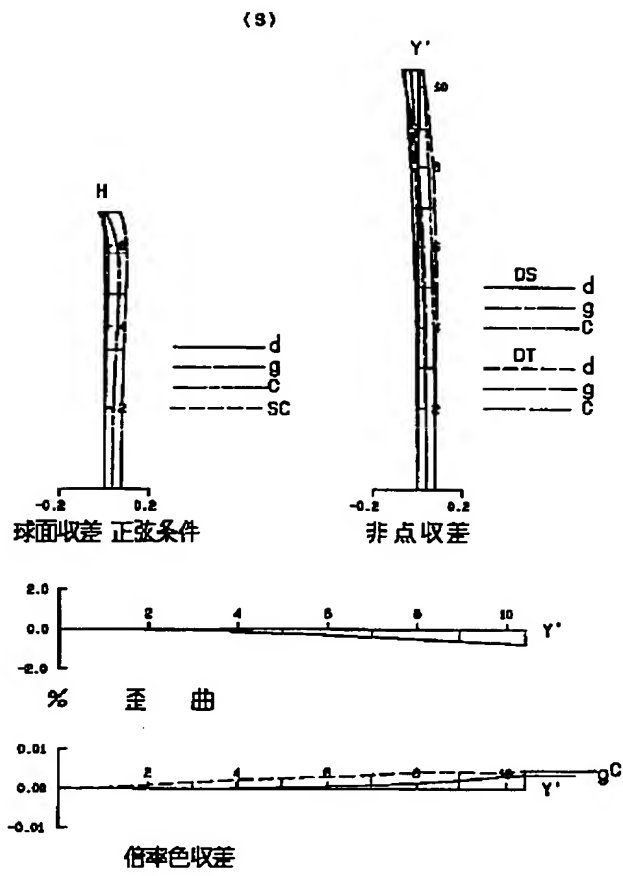
【図11】



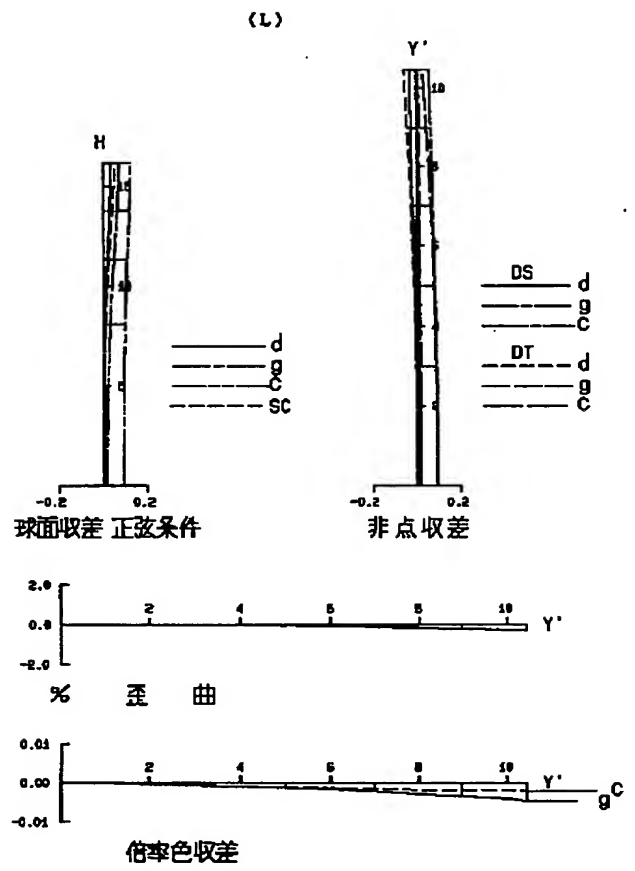
【図12】



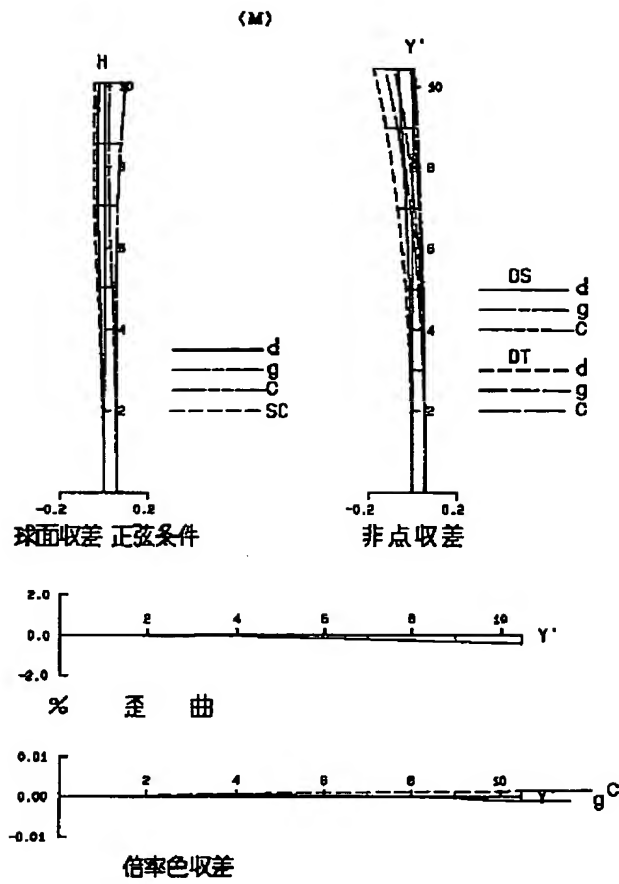
【図13】



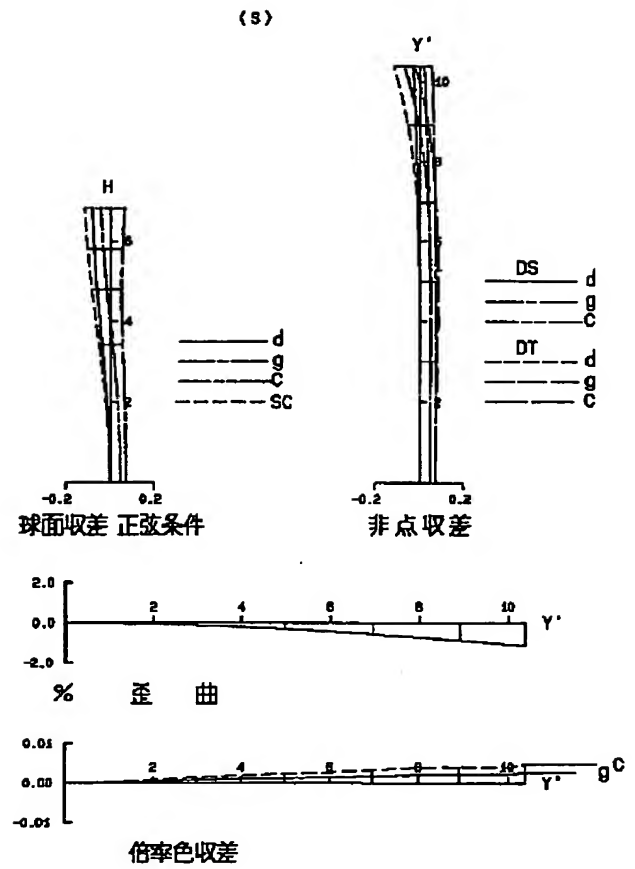
【図15】



【図16】

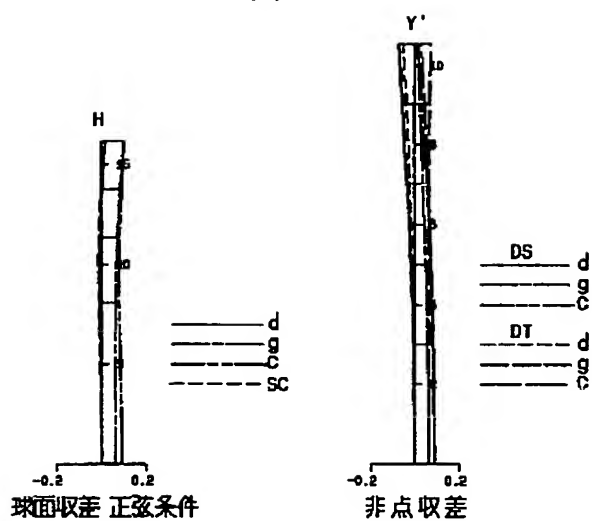


【図17】



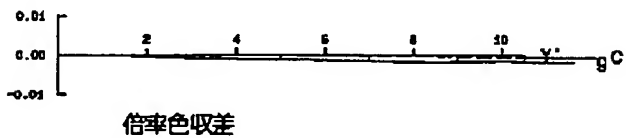
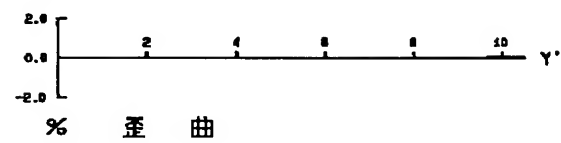
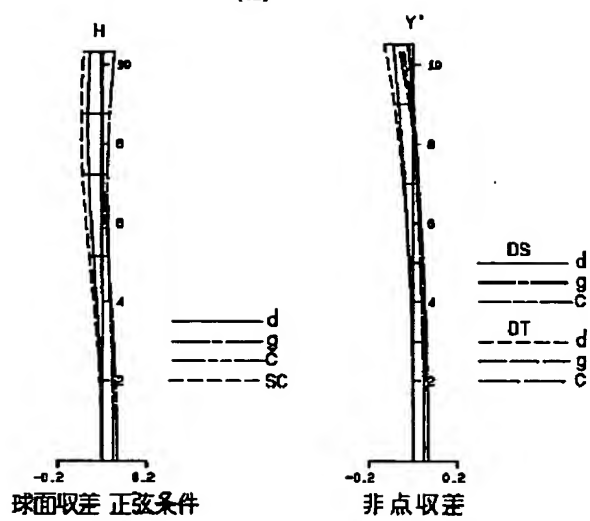
【図19】

(L)



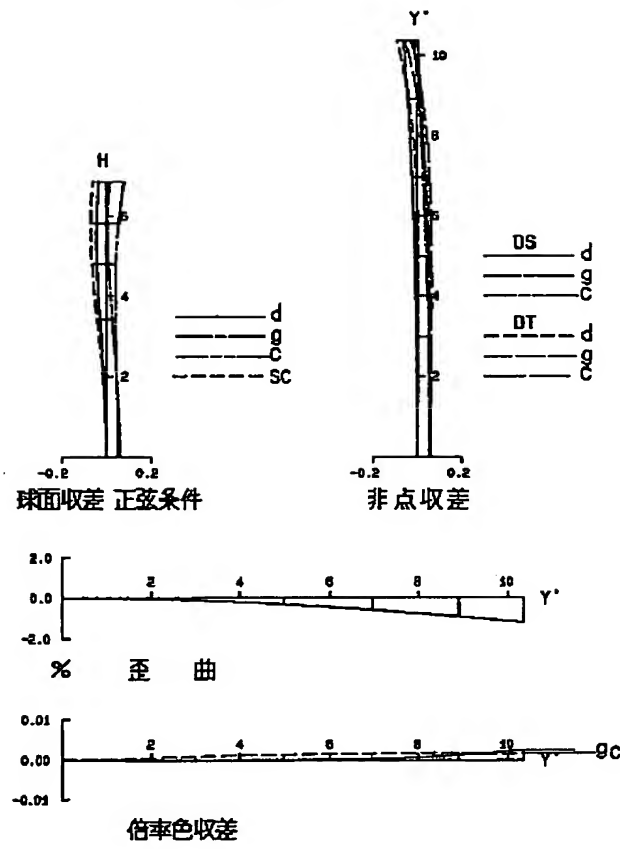
【図20】

(M)



【図 21】

(S)



This Page Blank (uspto)